

Эксперт: Ворогушин Владимир Александрович

ОАО «ДКБА», Ведущий инженер НИО-53

МЕТОДЫ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПОРШНЯ ДВС

К.т.н. Л.Л. Мягков, С.П. Чирский, аспирант С.М. Сивачев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Аддитивные технологии, бесспорно, открывают новые возможности образования формы детали исходя из наиболее рациональной схемы распределения прочности по объему материала.

Применительно к оптимизации массы и объема поршня ДВС задача не может иметь ценного для практики решения без включения в алгоритм факторов, вызываемых тепловым состоянием поршня, т.к. изменение термических напряжений по высоте детали достигает значительных величин. Важна не только объемная прочность поршня при минимальной массе, но и эффективность схемы отвода тепла от днища в стенки зеркала цилиндра.

Авторы сосредоточились только на одном параметре оптимизации – плотности конечных элементов (КЭ), что без учета теплового состояния поршня привело к искажению полученных результатов. Это понятно из рисунка 2, где изображена полученная в итоге твердотельная модель оптимизированного поршня. Видно, что поток тепла от днища поршня и поверхности встроенной камеры сгорания (КС) с одной стороны может идти к диаметральной поверхности и далее к кольцам, с другой - попадает непосредственно на бобышки поршневого пальца и частично на юбку поршня. В результате поверхности сопряжения пальца гарантировано окажутся в условиях перегрева со всеми вытекающими отсюда последствиями. Известно, также, что игнорировать термические напряжения в задачах оптимизации конструкции поршня недопустимо.

Следовательно, улучшение параметров жесткости и легкости поршня по существу достигнуто авторами работы за счет снижения длительной работоспособности конструкции.

Нельзя отрицать полезность разработанного на кафедре Э2 «Поршневые двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана метода ТО, основанного на расчете усталостной прочности деталей, который реализован на языке APDL (ANSYS Parametric Design Language), однако необходимо пересмотреть подходы к решению поставленной задачи с обязательным учетом теплового состояния поршня и тепловых напряжений, возникающих в материале совместно с напряжениями от газовых и инерционных сил. Без этого работа не будет иметь практического смысла для разработчиков ДВС.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ НИЖНЕКЛАПАННОЙ КОМПОНОВКИ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ РАДИАЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ДВИГАТЕЛЯ «РИТМ» МОЩНОСТЬЮ 200 Л.С.

Бабенко Э.Б.

ООО «ПромСервис», г.Истра

Нижнеклапанная компоновка ГРМ, безусловно, делает двигатель компактным в радиальном направлении, но она создает большие поверхности КС, что приводит к снижению термического КПД двигателя и, соответственно, к повышенным удельным расходам топлива. Испытания опытного двигателя «РИТМ» это еще раз подтвердили.

Доводка рабочего процесса может занять длительное время. В керосиновом варианте за счет большей поверхности КС повышается порог возникновения детонации, который для

керосиновых смесей почти в два раза (6,5-7,4 и соответственно 12-14) ниже, чем у бензиновых. Керосиновая версия невысотного двигателя «РИТМ» будет воспринят рынком лучше, чем бензиновый вариант. Пожелание – развивать именно эту версию.

Разработчиками при скудном финансировании и ограниченных производственных возможностях проделана огромная работа, причем на высоком профессиональном уровне. Коллектив нуждается в продуманной организационной и финансовой поддержке своих проектов со стороны государственных органов стимулирования инноваций.

Турбостартер для запуска поршневых двигателей в условиях Арктики

В.И. Богданов, А.К. Дормидонтов, Д.В. Кувтырев

ПАО «ОДК-Сатурн»

Тема доклада актуальна не только для Арктики, но и для зимних условий эксплуатации дизелей на большей части территории России. Так например, при очень низких температурах дизельный танк требует на прогрев 30 минут и более. За это время танк с ГТД запускается и проходит на марше 25-30 км от места старта – для боевых условий разительный контраст.

Как одно из решений проблемы запуска дизелей при низких температурах представленная разработка турбостартера имеет право на существование в случае достижения ключевых параметров ее совершенства.

Некоторые важные моменты в представленной информации вызывают вопросы. Например, указано, что золотниковая камера сгорания (КС) постоянного объема выполняет функцию компрессора, камеры сгорания и турбины. На самом деле у КС постоянного объема отсутствует функция компрессора – топливная смесь перед воспламенением не сжимается. Функция турбины гипертрофирована. Без соплового аппарата (СА) на входе отклоненные в сторону плоскости вращения ребра камеры работают как группа сопел с косым срезом. Их эффективность в два и более раз ниже, чем у турбины с (СА). В представленном докладе не приведен ключевой для любого стартера показатель – моментная характеристика. Исходя из вида конструкции можно утверждать, что момент на валу такого устройства будет критически низким. Значит потребная оборотность турбостартера окажется гораздо выше полученных на опытном прототипе 12000об/мин. Отсюда, необходимость как минимум в трех ступенчатом планетарном редукторе на выходе к обгонной муфте. Значит себестоимость агрегата будет даже выше, чем у воздушного турбостартера для мощного авиационного ДТРД.

В докладе утверждается, что «включение турбокомпрессора в систему запуска позволит увеличить мощность турбостартера пропорционально степени повышения давления π_k и иметь на входе в дизель воздух с рабочими параметрами». Это грубая ошибка. Турбокомпрессор дизеля с турбонаддувом не дает никакого напора сжатого воздуха пока не будет запущен сам дизель и не выведен на рабочие обороты. Только тогда выхлопные газы раскрутят турбину турбокомпрессора и он начнет выполнять свою функцию. Данная неувязка серьезно компрометирует доложенные результаты.

В итоге, о высокой конкурентоспособности разработки по сравнению с другими возможными решениями говорить не приходится.

Например, поставленная задача запуска дизеля при низких температурах может быть успешно и гораздо проще решена применением жидкостно-кольцевых агрегатов (ЖКА) в качестве стартера с функцией теплового подогрева. ЖКА в настоящее время применяются как вакуумные насосы и компрессоры, но могут работать и как ДВС короткого цикла, т.е. как стартеры. При этом в качестве жидкого кольца используется охлаждающая жидкость из системы охлаждения дизеля. Степень сжатия как раз находится в пределах 3,0-7,0, что допустимо для бездетонационного горения керосина и дизельного топлива. Сохраняются условия для перебрасывания пламени из уходящего от КС сектора ротора в подходящий. Оборотность стартера подбором диаметрального размера может быть согласована с оборотностью дизеля, находится в пределах 600-3000об/мин и не требует применения промежуточного редуктора. Биротативное исполнение ЖКА не только резко повышает КПД

устройства примерно на 40%, но и позволяет сделать внешний ротор якорем электрического устройства запуска стартера. Создаваемый крутящий момент на валу высок и сравним с моментом поршневых двигателей, поэтому не требуется большая оборотность стартера. Циркулирующая через ЖКА охлаждающая жидкость из системы дизеля нагреваясь в непосредственном контакте с теплом рабочего процесса обеспечивает быстрый прогрев дизеля. Такой стартер-подогреватель прост по конструкции, имеет низкое температурное состояние деталей, очень надежен, а ресурс превышает ресурс дизеля.

СЕМЕЙСТВО ЧЕТЫРЕХТАКТНЫХ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСКРОВЫМ ВОСПЛАМЕНЕНИЕМ ДЛЯ РАБОТЫ НА АВИАЦИОННОМ КЕРОСИНЕ

Д.т.н. М. Д. Гарипов¹, д.т.н. Еникеев Р.Д., Гареев Р.Р., Маслов П.А.²

¹ ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа.

²ООО «Двигатели для авиации», г. Уфа.

Актуальность темы доклада для авиационного двигателестроения не вызывает сомнений. Похвально, что небольшой коллектив взялся за решение такой сложной задачи и уже получил первые обнадеживающие результаты.

Озвученные требования к рабочему процессу многотопливных двигателей с искровым зажиганием корректны по своему содержанию.

Путь к достижению цели, предполагающий организацию рабочего процесса за счет комбинации непосредственного впрыска топливовоздушной смеси в рабочую камеру двигателя и искрового зажигания, считается в настоящее время перспективным для многотопливных двигателей.

В докладе, к сожалению, не раскрыты подробности нового рабочего процесса и методы достижения в нем больших диапазонов изменения коэффициента избытка воздуха. Вскрылось и противоречие. Если в предыдущем докладе на конференции в ЦИАМ отмечался диапазон изменения коэффициента избытка воздуха от 1 до 5, то в этом от 1 до 85, что вызывает законные сомнения, если сюда не вкралась опечатка.

Комментарии авторов доклада к графику рис. 1 вызывают вопросы. По характеристике удельного эффективного расхода топлива очевидно, что базовый двигатель является двухтактным, но об этом не сказано в тексте доклада. У неискушенного слушателя создается впечатление, что новый рабочий процесс более чем в 3 раза уменьшил удельный расход топлива. Однако, это не соответствует действительности. Графики 1 и 3 сравнивать некорректно. Кривую 1 необходимо получить для 4-х тактного базового двигателя и показать ее в сравнении с кривой 3, снятой с того же модифицированного базового двигателя.

Из-за недостаточного объема представленной информации нельзя сделать квалифицированное заключение о степени достоверности полученных результатов.

Вопрос о финансовой поддержке темы потребует дополнительного экспертного изучения документации разработчиков.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

К.т.н. Дударева Н.Ю., Мусин Н.Х.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Идея защиты днища поршня от воздействия высокой температуры газовых продуктов сгорания не нова. Первые попытки получить устойчивые результаты предпринимались еще до войны в 30-х годах прошлого столетия. В частности, поршни известного немецкого

авиационного дизеля ЮМО-204 с целью температурной защиты покрывали слоем керамической эмали. От покрытия затем отказались по причине образования сколов и их абразивного воздействия на зеркало цилиндров в паре с поршневыми кольцами.

Следует отметить, что защитное теплоизолирующее покрытие днища поршня более актуально для дизелей, чем для бензиновых двигателей. В бензиновых двигателях высокая степень теплоизоляции поршня ведет к ухудшению параметров рабочего процесса, степени наполнения цилиндра, заметной потере мощности и снижению порога возникновения детонации.

Тем не менее, представленные авторами доклада результаты исследования метода создания слоя микро-дугового оксидирования (МДО-покрытие) вызывают большой интерес.

Главные преимущества МДО-покрытия, как видится, в следующем:

1. Простота процесса образования слоя.
2. Относительно невысокая стоимость процесса.
3. Хорошая адгезия слоя с основным материалом и стойкость к тепловым ударам, образованию сколов.
4. Простота получения заданной толщины слоя, необходимой для обеспечения оптимального теплового баланса двигателя.

Подтверждение высокой работоспособности слоя пока еще нуждается в дополнительных ресурсных испытаниях. Известно, что применение никасилового покрытия (аналог МДО-покрытия) для формирования зеркала цилиндров ДВС при определенных условиях эксплуатации приводило к его отслаиванию от основного материала. В случае успеха, можно ставить вопрос о создании специализированного промышленного оборудования высокой производительности для технологических операций образования МДО-покрытия на серийных поршнях ДВС.

Авторов работы хочется поблагодарить за проделанную высококвалифицированную работу и пожелать дальнейших успехов.

Рекомендуется оказание финансовой поддержки темы в части исследования способов повышения характеристики адгезии МДО-покрытия с основным материалом поршня.

РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДА РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В КАНАЛАХ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ТРАКТОВ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Д.т.н. Р.Д. Еникеев, к.т.н. А.А. Черноусов, к.т.н. Г.А. Ноздрин

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Авторы доклада правы – современная модель течения в канале должна отвечать ряду требований. Среди них: учет переменности микро- и макрогеометрических характеристик канала и теплофизических свойств рабочего тела, а также адекватное описание путевых потерь (трение и теплоотдача в стенку) с учетом определяющих факторов. Другое дело, что практика нуждается в инженерных методах решения подобных задач или в готовых компьютерных программах, позволяющих находить решение сложной задачи располагая исходными данными.

В данный момент работа находится на академической стадии и по информации авторов еще не завершена. Используемый математический аппарат достаточно сложен для полного понимания из объема доклада.

Если после завершения темы на выходе будет получена компактная и достаточно простая для ввода исходных данных прикладная компьютерная программа, то можно будет говорить о результативности интеллектуальных усилий участников данной работы.

В настоящее время можно считать, что доложены только промежуточные результаты, показывающие реальную достижимость конечной цели.

Можно пожелать авторам дополнить пакет продукта возможно большим числом примеров расчета параметров потока в каналах применительно к уже построенным и производившимся авиационным поршневым двигателям, чтобы показать насколько применение созданной методики могло улучшить характеристики моторов, что безусловно повысит вес достигнутых результатов.

ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОДНОЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯДА НА ВХОДЕ В ЦИЛИНДР

Замышляев В.А., д.т.н. Ланшин А.И., к.т.н. Костюченков А.Н.

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва

Роль, возможности и будущее современных методов численного моделирования на фоне растущих возможностей вычислительной техники общеизвестны. В докладе показано приложение метода применительно к ДВС, и в частности, к одноцилиндровому двигателю ОМД-01, на котором в рамках первой части отработана и уточнена созданная математическая модель, а в ходе второй части повышена эффективность параметров двигателя, модифицировано его входное устройство.

Использованы известные ранее способы повышения вихревого движения заряда, такие как, изменение геометрии впускного канала и установка втулки-завихрителя на шток впускного клапана.

Улучшение показателей двигателя достигнуто использованием различных типов каналов и завихрителей. В результате получены значения вихревых чисел и изменение массового расхода воздуха. Однако, не указано каким образом примененные вариации учитываются в созданной математической модели двигателя. Ведь конечная цель верификации математической модели на испытательном стенде – проверить ее точность и адекватность при всех вариациях, включающую в том числе вариации с разными типами каналов и завихрителей.

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В АВИАЦИОННОМ РОТОРНО-ПОРШНЕВОМ ДВИГАТЕЛЕ

к.т.н., А.А. Зеленцов, В.П. Минин

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва

В России, да и в мире довольно мало работ, углубленно рассматривающих теорию рабочих процессов РПД в трехмерной постановке.

В этом смысле авторы работы без преувеличения находятся на переднем крае борьбы за высокие показатели РПД, обеспечиваемые повышением эффективности процессов впуска, выпуска и сгорания топливовоздушной смеси.

Созданная ими математическая модель нестационарных процессов переноса количества движения, энергии, массы и концентрации реагирующих веществ в расчетном объеме позволяет определять локальные параметры газа во всей расчетной области, которая представляются в виде суммы осредненных и пульсационных составляющих.

Из содержания доклада, к сожалению, нельзя сделать хотя бы приблизительную оценку степени корректности полученных результатов по полям температур, давлений, скоростей рабочего тела в сечениях рабочей камеры РПД. Очевидно эти сведения найдут отражение в расширенной публикации отчета.

Важно, что созданная методика и полученные зависимости давления и температуры, а также скоростей тепловыделения и количества теплоты, отданного в детали камеры сгорания

РПД, от угла поворота эксцентрикового вала позволят получать его эффективные показатели и прогнозировать уровень тепловой нагрузки на основные детали двигателя.

Работу можно оценить как достойную и соответствующую уровню профессиональных сотрудников ЦИАМ.

Перспектива применения РПД в авиации до сих пор вызывает ожесточенные споры. Их главный недостаток – малый ресурс уплотнительных элементов трохoidalного треугольного ротора. Ощущается скудность тематики научных исследований в этом направлении.

Тем не менее, достигнутый гарантированный ресурс РПД позволяет уверенно говорить о возможности их успешного применения на беспилотных летательных аппаратах, где интенсивность полетов несравнима с часовым налетом пилотируемых летательных аппаратов в условиях регулярной эксплуатации.

Хотелось бы, чтобы в ЦИАМ усилили внимание к исследованиями, посвященным существенному увеличению ресурса уплотнительных элементов треугольного ротора – ключевой проблеме РПД.

АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ПОРШНЕВОМ ДВИГАТЕЛЕ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ БЕНЗИНА В ТРЕХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

к.т.н., А.А. Зеленцов¹, А.А. Касько²,

¹ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва,

² МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Рассмотрение задач динамики газовых потоков, проходящих через ДВС, в трехмерном представлении, безусловно, позволяет корректно учесть нестационарные процессы переноса количества движения, энергии, массы и концентрации реагирующих веществ в расчетном объеме, а также делает возможным определение локальных параметров теплообмена камеры сгорания, что дает более точную картину тепловой нагрузки на рабочие детали конструкции.

Если результатом разработки математической модели предусматривается создание прикладной программы, которую разработчики смогут применять для инженерных расчетов проектируемого ДВС, то результаты доложенной работы будут иметь большое практическое значение, а затраченные средства многократно окупятся.

Остается пожелать специалистам ЦИАМ не останавливаться на достигнутом и довести тему до логического конца с пользой для отечественного моторостроения.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

к.т.н., А.Н. Костюченков, к.т.н. Л.А. Финкельберг, С.И. Барышников

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва

В данном докладе рецензировать практически нечего. Представленная информация проходила на конференции в ЦИАМ, опубликована в интернете и отражает общие современные тенденции в развитии авиационного поршневого двигателестроения. Тенденции изложены корректно. Анализ подкреплен количественными оценками и может служить ориентиром для разработчиков поршневых двигателей для малой авиации.

Единственное дополнение, которое уже оговорил ранее и считаю нужным внести сюда, касается перспектив применения РПД в авиации. По состоянию на сегодняшний день путь в небо пилотируемой авиации с РПД закрыт. Надежность и ресурс таких двигателей являются не достаточными. Беспилотная авиация может успешно их использовать и на этом фоне следует

вести их постоянное совершенствование. Кроме того, следует обратить внимание на использование РПД в составе мотокомпрессорных установок с широкохордным вентилятором. В этом давно забытом типе мотора 4-х или 6-ти секционные РПД отлично komponуются, привод на вентилятор не требует редуктора, удельный вес силовой установки будет иметь промежуточные значения, развиваемая тяга достаточна для скоростных беспилотников.

УТОЧНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОДНОСЕКЦИОННОГО РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЕМОНСТРАТОРА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Минин В.П., к.т.н. Костюченков А.Н.,

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва

Доклад во многом перекликается с рассмотренным ранее сообщением авторов к.т.н., А.А. Зеленцов, В.П. Минин ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В АВИАЦИОННОМ РОТОРНО-ПОРШНЕВОМ ДВИГАТЕЛЕ.

В данном докладе упор сделан на доводку математической модели роторно-поршневого двигателя-демонстратора РПД-650 мощностью 100 л.с. с использованием возможностей стенда У-336 ЦИАМ с электротормозным устройством MEZ-Vsetin.

Результаты работы имеют явно выраженное прикладное значение для оптимизации рабочего процесса конкретной модели типовой секции РПД, которую в дальнейшем предполагается сделать основой для двух- и трехсекционных авиационных РПД.

Сожаление вызывает тот факт, что из всех отрывочных сведений известных по созданной в ЦИАМ секции РПД нигде не проходит информация об практическом исследовании длительной работоспособности уплотнений треугольного ротора. Самый проблемный аспект всех РПД не находит отражение в представленных работах. Между тем все понимают, что именно от ресурса и надежности уплотнений зависит будущее РПД.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ MODEL-BASED CALIBRATION TOOLBOX ПРИ КАЛИБРОВКЕ СИЛОВОГО АГРЕГАТА БПЛА

М.В. Вольский, Д.А. Сулимова, А.В. Штейников

Материал, изложенный в докладе является промежуточным по результатам. Намечен и частично реализован алгоритм поэтапного проведения прикладного исследования с использованием пакета MBCT Matlab.

Обращает на себя внимание большая доля ручной обработки данных прежде чем будут использованы возможности пакета MBCT Matlab и элементы автоматического управления на двигателе. Это чревато многочисленными ошибками при вводе обработанных вручную данных.

Настораживают слишком малые проценты уменьшения удельного расхода топлива (1-7%) и их относительно увеличенный разброс.

Результат слабо оправдывает затраченные усилия.

Между тем существующие серийные отечественные и зарубежные системы электронного управления для поршневых двигателей применяемых на современных автомобилях позволяют реализовать цели поставленной задачи по калибровке силового агрегата уже на стадии доработки системы управления силового агрегата датчиками под обеспечение возможности автоматически выдавать необходимые входные переменные.

Приходится констатировать, что содержание доклада авторов не имеет научной и практической ценности для развития авиационных поршневых двигателей.